

**AFPP – DIXIÈME CONFÉRENCE INTERNATIONALE SUR LES RAVAGEURS EN AGRICULTURE  
MONTPELLIER – 22 ET 23 OCTOBRE 2014**

**DES FILETS ANTI INSECTES POUR PROTEGER LES CULTURES MARAICHÈRES EN AFRIQUE  
SUBSAHARIENNE : UNE TECHNOLOGIE RENTABLE ET ADAPTEE AUX CONDITIONS CLIMATIQUES**

T. MARTIN<sup>1,2\*</sup>, M. SAIDI<sup>3</sup>, F.-A. KOMLAN<sup>4</sup>, S. SIMON<sup>1,4</sup>, M. KASINA, F. VIDOGBENA<sup>6</sup>, L. PARROT<sup>1</sup>,  
A. ADEGBIDI<sup>6</sup>, L.-A. WASILWA<sup>5</sup>, S. SUBRAMANIAN<sup>2</sup>, V. BAIRD<sup>7</sup>, M. NGOUAJIO<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Cirad, Montpellier, France; <sup>2</sup>icipe, Nairobi, Kenya ; <sup>3</sup>Egerton University, Kenya ; <sup>4</sup>INRAB, Cotonou, Benin ; <sup>5</sup>KARI, Nairobi, Kenya ; <sup>6</sup>University of Abomey Calavi, Benin ; <sup>7</sup>Michigan State University, Lansing, USA ; \*Presenting author's e-mail: [thibaud.martin@cirad.fr](mailto:thibaud.martin@cirad.fr)

## **RÉSUMÉ**

La protection des cultures maraîchères avec des filets anti-insectes en climat tropical au Bénin et au Kenya s'est avérée extrêmement efficace contre les principaux ravageurs tant au stade pépinière qu'en grande culture. Cependant, les filets ne protègent pas toujours suffisamment les cultures contre les insectes piqueurs comme les pucerons et les aleurodes. L'ouverture des filets en milieu de journée peut être une alternative pour conserver l'action des ennemis naturels et réduire l'impact négatif sur le microclimat. L'efficacité des barrières physique et visuelle peut aussi être complétée par une barrière chimique sous la forme d'un composé répulsif imprégné dans le filet. Les petits producteurs qui ont adopté les filets au Bénin et au Kenya ont réduit le nombre d'applications d'insecticide de 70 à 100 % tout en augmentant leur production en quantité et en qualité. L'analyse coût-bénéfice de la technologie a montré que des filets anti-insectes ont multiplié par 3 le taux de rentabilité de la culture de chou par rapport aux pratiques conventionnelles des petits producteurs. Du fait de sa compatibilité avec les méthodes de lutte biologique, cette technologie ouvre une voie prometteuse pour développer une production maraîchère agroécologique.

Mots-clés : filet anti-insectes, légume, ravageur, IPM, maraîchage.

## **ABSTRACT**

### **INSECT-PROOF NETS ON VEGETABLE AS A PROFITABLE CROP PROTECTION AND MICRO-CLIMATE ENHANCEMENT TECHNOLOGY IN SUB-SAHARAN AFRICA**

Continuous coverage of vegetables with nets under different climate conditions in Benin and Kenya proved extremely effective to protect the nurseries and the main fields against key lepidopteran and dipteran pests. However, netting did not effectively protect the vegetables against small insects such as aphids and whiteflies although visual barrier could delay outbreaks. Hence opening the nets during the day could be an alternative option to conserve the natural enemies. Moreover the efficacy of the visual barrier may be complemented by a repellent compound impregnated in the net. The small-holder growers adopting the nets in Benin and Kenya have reduced the number of pesticide application from 70 to 100%. They have also increased the yield in quality and quantity due to microclimate modification. Cost-benefit analysis of the technology showed that insect proof nets help achieve profitability rates up to 3 times the farming practices observed in real environment. Hence this technology could be a promising way to develop an agro-ecological approach for vegetable growing , compatible with the use of biological control.

Keywords: Pest, insect net, vegetable, IPM, small holder farmer.

## 1. Introduction

Ces dix dernières années la production de fruits et légumes est devenue un secteur agricole vital en Afrique sub-Saharienne en raison de leur valeur nutritive et des revenus économiques élevés qu'ils génèrent. Ce secteur a la capacité latente de servir de moteur pour la diversification agricole et économique, notamment pour les petits exploitants qui peuvent orienter la production vers les marchés locaux, régionaux ou d'exportation (Weinberger et Lumpkin, 2007; Banque mondiale, 2008 ; Ekesi *et al*, 2009). Cependant, la production est encore bien en deçà des potentiels en matière de rendement et ne respecte pas toujours les normes de qualité sanitaire et environnementale. Les contraintes majeures de production sont à la fois économiques (pression foncière et faible capacité d'investissement) et agronomiques (difficile gestion des ravageurs et maladies, de l'irrigation et de la fertilisation). Pour lutter contre les ravageurs, les petits producteurs ont généralement recours aux pesticides chimiques (Ahouhangninou *et al*, 2013; de Bon *et al*, 2014). En effet, déjà peu formés sur l'utilisation des pesticides, ils ont également un accès très limité aux techniques de gestion intégrée des ravageurs (IPM). Par méconnaissance de méthode alternative, les agriculteurs pensent souvent que la seule solution à leurs problèmes phytosanitaires réside dans l'application de pesticides à des doses et fréquences croissantes alors qu'au contraire cela aggrave la situation en sélectionnant des populations résistantes (Martin *et al*, 2002; Houndete *et al*, 2010; Carletto *et al*, 2010). Ainsi dans les périmètres maraîchers des zones tropicales le recours croissant aux insecticides chimiques est largement répandu du fait de leur facilité d'emploi et de leur disponibilité sur le marché local. Ce phénomène est amplifié par la sélection de ravageurs multi-résistants, par la forte valeur ajoutée des légumes et par l'augmentation de la demande pour alimenter les centres urbains qui se traduit par l'extension des surfaces cultivées. Pourtant les consommateurs urbains se préoccupent de plus en plus de la qualité de leur alimentation suite aux cas d'intoxication dus à une mauvaise utilisation des pesticides. Cependant le marché actuel ne permet pas une bonne valorisation commerciale de la qualité. Les petits producteurs doivent donc produire mieux tout en conservant le même rendement.

La lutte physique à l'aide de filets anti-insectes parvient à relever ce défi en réduisant les applications d'insecticides tout en augmentant les rendements grâce à la diminution des pertes dues aux ravageurs aériens des cultures. Parallèlement à cela, depuis le début du millénaire, l'OMS a largement contribué à diffuser l'usage des moustiquaires pour lutter contre le paludisme. De nouvelles industries se sont donc développées en Afrique sub-Saharienne pour produire ces moustiquaires en grande quantité et les rendre disponibles sur le marché local. Il ne restait plus qu'à transférer et adapter cette technologie à la protection des cultures maraîchères avant que les maraîchers n'utilisent leur propre moustiquaire de lit comme certains le font déjà pour la protection des pépinières.

## 2. Une barrière physique contre les ravageurs

### 2.1. Chou

La culture de chou est de loin la plus traitée par les insecticides chimiques en Afrique sub-Saharienne. Cela s'explique par la capacité de la teigne du chou, *Plutella xylostella*, à résister rapidement à toutes les familles chimiques. A tel point qu'en 2004 beaucoup de maraîchers du Bénin avaient abandonné sa production pourtant très prisée surtout en période de fête.

Les filets en polyester de type moustiquaire d'une maille de 1,6 mm se sont révélés extrêmement efficaces pour protéger les cultures de chou non seulement au stade pépinière mais aussi après repiquage (Martin *et al*, 2006). Les filets se sont aussi révélés efficaces contre le foreur du chou, *Hellula undalis* dont une seule chenille peut détruire un plant en rongant l'apex terminal. La même étude a par contre mis en évidence les limites d'efficacité de ces filets : ainsi la noctuelle *Spodoptera littoralis*, ravageur occasionnel, a pu pondre sur les filets et après éclosion leurs larves sont descendues sur les choux à l'aide d'un fil de soie. Ces filets ont été également inefficaces pour protéger les choux et en particulier les jeunes plants contre les pucerons tels que *Myzus persicae* et *Lipaphis erysimi* (Martin *et al*, 2006 ; Licciardi *et al*, 2008). Des études ultérieures avec des filets anti-insectes de mailles plus petites (0,4 et 0,9 mm) n'ont pas révélé de meilleure efficacité hormis contre les pucerons de l'espèce *Brevicoryne brassicae*, caractérisés par une taille moyenne plus importante (Martin *et al*, 2013).

S'ils traversent les mailles les pucerons peuvent très vite proliférer en toute quiétude. En effet, les filets sont aussi une barrière pour les prédateurs et les parasitoïdes. Nous avons ainsi montré que plus les mailles sont petites, plus le taux de parasitisme des pucerons est faible (Martin *et al*, 2013). Une solution consiste à ouvrir occasionnellement les filets pendant la journée 2 à 3 fois par semaine (Simon *et al*, 2014). Tout en interdisant la pénétration des ravageurs nocturnes, cela permet aux insectes utiles de visiter la culture et de manger ou parasiter les ravageurs présents. Cela permet aussi à l'agriculteur de vérifier la bonne santé des plantes et de détecter précocement la présence éventuelle de ravageurs. Outre la barrière physique les filets anti-insectes sont aussi une barrière visuelle permettant parfois de retarder les infestations d'insectes piqueurs.

Ainsi au Bénin et au Kenya, les filets ont permis de réduire de 70% le nombre de traitements insecticides sur chou par rapport à la pratique habituelle des petits producteurs dont la majorité des traitements chimiques ciblent les chenilles de Lépidoptères.

## **2.2. Tomate**

Les filets anti-insectes tricotés de type AgroNet (mailles 0,4 et 0,9 mm) se sont révélés être une barrière efficace pour protéger la tomate contre son principal ravageur, la noctuelle de la tomate *Helicoverpa armigera* dont les chenilles attaquent les feuilles et les fruits. La barrière physique de ces filets est aussi très efficace contre les Diptères comme les adultes de *Lyriomiza* spp dont les larves mineuses des feuilles font des dégâts majeurs sur tomate. Les résultats préliminaires obtenus en laboratoire sur *Tuta absoluta*, arrivé récemment en Afrique de l'Ouest et de l'Est, ont montré l'efficacité des filets AgroNet. Contre les aleurodes leur efficacité totale au champ a été montrée au Kenya tandis qu'au Bénin les filets de maille 0,4 mm ont permis de réduire de 90% l'effectif de ces ravageurs sous abri (Saidi *et al*, 2013 ; Gogo *et al*, 2014 ; Simon, communication personnelle). Cependant la protection des filets s'est révélée insuffisante au Bénin pour réduire en saison sèche l'incidence des begomovirus transmis par les aleurodes. Ces résultats contradictoires entre Kenya et Benin s'expliquent sans doute par la prédominance de *Trialeurodes vaporarum* sur les hautes terres du Kenya et de *Bemisia tabaci* au Bénin. Les filets assurent par ailleurs une protection efficace contre les dégâts importants dus aux oiseaux lors de la maturation des fruits. Ces dégâts d'oiseaux entraînent habituellement des pertes de rendements non négligeables en zone tropicale.

En station expérimentale, aucune protection chimique n'a été nécessaire pour protéger les tomates en plus des filets au cours des grandes saisons de culture au Bénin et au Kenya (Gogo *et al*, 2013, Saidi *et al*, 2014).

### 2.3. Haricot vert

Au Kenya les filets AgroNet 0.9 ont protégé les haricots verts contre la mouche du haricot, *Ophiomyia* spp. qui a détruit 90 à 100% des plantules non protégées par un filet et de celles bénéficiant d'une lutte chimique basée sur un insecticide systémique comme le thiamethoxam. D'autre part la protection des cultures de haricot vert avec ces mêmes filets a réduit significativement les infestations de l'aleurode *Bemisia tabaci* et du puceron *Aphis fabae* (Gogo *et al*, 2014b). Cela a ainsi permis de ne réaliser qu'une seule pulvérisation insecticide alors que 6 pulvérisations ont été nécessaires en lutte chimique stricte. Nous avons observé également que les populations de thrips *Frankliniella* spp. étaient plus faibles sous les filets. D'après Antignus et Ben-Yakir (2004), le spectre de radiations lumineuses joue un rôle important dans le comportement de navigation et d'orientation des insectes. Les plus faibles populations de ravageurs sur les haricots verts protégés par des filets pourraient alors s'expliquer par la barrière visuelle du filet qui renforce la barrière physique (Gogo *et al*, 2014b).

### 3. Filet imprégné

Les moustiquaires imprégnées de pyréthrinoïdes sont recommandées depuis plusieurs années par l'OMS pour mieux protéger les populations humaines contre le vecteur du paludisme, *An. gambiae*. Nous avons appliqué cette technologie aux filets anti-insectes pour améliorer leur efficacité contre les insectes piqueurs (pucerons, aleurodes, thrips) mais aussi contre les autres ravageurs qui peuvent pondre ou marcher sur les filets à la recherche d'une voie de passage.

Au laboratoire nous avons montré l'effet irritant et répulsif des filets imprégnés sur l'aleurode *Bemisia tabaci* (Martin *et al*, 2014) et les pucerons *Myzus persicae* et *Lipaphis erysimi* (Martin *et al* 2013). Les filets imprégnés d'alphacyperméthrine réduisent significativement le taux de passage des pucerons et des mouches blanches par rapport à un filet non traité. A Montpellier, France, leur efficacité a même été totale au champ pour protéger des plants de choux contre les pucerons. Sur les haricots verts au Kenya, les infestations de *B. tabaci* et d'*Aphis fabae* ont été significativement plus faibles sous filet AgroNet imprégnés que sous filet non traité (Gogo *et al*, 2014b). Sur tomate les infestations d'aleurodes ont également été plus faibles sous filet imprégné (Martin *et al*, 2014). Cependant au Bénin comme au Kenya, l'efficacité au champ des filets imprégnés d'alphacyperméthrine n'a pas été jugée suffisante pour justifier leur utilisation en dehors des pépinières. Cette moindre efficacité pourrait s'expliquer par le fort niveau de résistance des insectes piqueurs aux pyréthrinoïdes abondamment utilisés depuis plus de 20 ans. Des recherches sont en cours avec des filets imprégnés de perméthrine, molécule réputée plus répulsive mais aussi avec des composés naturels non toxiques.

Concernant les Lépidoptères, des études menées récemment à l'Université de Catanes en Italie, ont montré l'effet répulsif de ces filets sur la mineuse de la tomate, *Tuta absoluta*, un dangereux ravageur originaire d'Amérique latine et aujourd'hui présent en Afrique sub-Saharienne.

Les filets imprégnés peuvent être recommandés pour les ouvrants des serres/tunnels afin de réduire

leur taux de passage. Ils sont recommandés pour protéger les pépinières des petits producteurs réduisant ainsi le risque d'infection viral par des phytovirus transmis par les aleurodes.

#### **4. Impact sur le micro climat**

Dans la zone littorale du sud Bénin les conditions de forte température et d'hygrométrie élevée ne sont pas toujours propices à l'utilisation de filet à petites mailles (0,4 à 0,9 mm). En saison des pluies l'efficacité des filets est optimale en raison de la barrière anti insecte et de la protection contre les fortes pluies (Simon *et al*, 2014). En saison sèche les plus fortes températures sous filet induisent une réduction du poids et de la taille des choux. Des études sont en cours avec des filets argentés pour accroître l'ombrage et des mailles plus larges pour minimiser la modification du microclimat sous abri. Une solution alternative sur chou réside dans l'ouverture des filets 2 à 3 fois par semaine pendant la journée sans conséquence sur leur efficacité vis-à-vis des ravageurs mais cette manutention augmente les charges en main d'oeuvre.

Au Kenya, dans la région de Nakuru (1850 m), les filets réduisent la température ambiante diurne et augmentent la température ambiante nocturne. Par ailleurs le taux moyen d'humidité du sol est significativement plus élevé sous filet et permet de réduire l'irrigation. Les pépinières de chou et de tomate sous filet ont ainsi bénéficié de conditions microclimatiques plus favorables que sans filet : une augmentation de 2.2°C de la température, de 3.9 à 4.2% de l'humidité relative et un accroissement de 20% de l'humidité du sol (Gogo *et al*, 2012 ; Muleleke *et al*, 2013). La croissance des plantules a ainsi été plus rapide avec une réduction des dommages des insectes nuisibles. Ces conditions microclimatiques ont pour conséquence un meilleur développement des plantes et un meilleur rendement tant en quantité qu'en qualité (Saidi *et al*, 2014).

#### **5. Impact sur la physiologie des plantes et leur production**

Les filets anti-insectes de type AgroNet que nous avons utilisé réduisent de 30% la quantité de lumière reçue par les plantes. Cette réduction est d'autant plus forte que les mailles sont petites et que les filets sont utilisés en permanence. Cela a entraîné une réduction significative du rayonnement photosynthétique actif (PAR) reçu par le feuillage vert des plantes. Cependant cette réduction de lumière ne semble pas avoir eu un impact majeur sur la physiologie des plantes telles que la tomate, le chou ou le haricot vert (Gogo *et al*, 2012 ; Saidi *et al*, 2014 ; Gogo *et al*, 2014).

L'utilisation d'un filet anti-insectes sur une pépinière est une technologie durable pour améliorer la performance des semis. En protégeant des infestations de ravageurs, les filets anti-insectes améliorent le revenu du producteur. Au Kenya la levée des semis de chou et de tomate a été plus précoce sous filets (Gogo *et al*, 2012, Muleleke *et al*, 2013). Les taux de germination des graines ont été plus élevés ainsi que le taux de survie des plantules, ce qui indique un potentiel de réduction du nombre de graines à semer pour obtenir un même nombre de plants. Par ailleurs les filets réduisent l'impact négatif des fortes pluies qui éparpillent les graines et érodent les sols. Nous avons pu montrer que les plants de tomate cultivés sous filet ont une conductance stomatique plus élevée et des feuilles plus riches en chlorophylle. Ils produisent plus de feuilles dans un laps de temps plus court par rapport aux plants témoins.

La production de tomates sous filet permanent au Kenya a été d'autant plus importante que les mailles des filets utilisés étaient petites (Saidi *et al*, 2014). Par ailleurs la qualité des fruits a été

améliorée : les tomates produites sous filet étaient en moyenne plus fermes, avaient un taux de sucre plus élevé et un taux d'acidité plus faible que les tomates produites sans filet.

L'utilisation de filet a également amélioré significativement la production de choux tant en quantité qu'en qualité. Avec les filets AgroNet 0.9 la conductance des stomates et la quantité de chlorophylle des feuilles étaient plus élevées que sans filet. La quantité produite en poids sec ou frais et la qualité des têtes de choux étaient supérieures. La protection d'une culture de haricot vert par des filets AgroNet a permis d'avancer la levée de 2 jours et d'obtenir un taux d'émergence de 90% (Gogo *et al*, 2014). Comparés aux plants cultivés sans filet, les plants sous filet ont poussé plus vite, le rendement était plus élevé et les gousses de meilleure qualité. Ces résultats montrent l'intérêt de cultiver les haricots verts sous filet d'autant que la réduction des traitements insecticides réduit les risques de résidus de pesticide dommageables pour le consommateur et l'environnement mais aussi pour le marché d'exportation.

## **6. Processus d'adoption**

Les analyses coûts-bénéfice montrent que les filets ont un ratio de rentabilité de 1 :2,42 tandis que les pratiques courantes s'établissent à 1 :1,26. Les marges nettes sont 5 fois plus élevées avec les filets qu'avec le maintien des pratiques courantes. Les charges sont relativement similaires avec ou sans filet que ce soit pour les pépinières ou les parcelles de production. La différence entre les deux systèmes de production provient des différences de rendement en pépinière et sur les planches : plus de rendements tant en unités produites qu'en poids, plus de produits sains et valorisés sur les marchés. Les filets sont non seulement plus rentables que les techniques à base de pesticides mais fournissent aussi des revenus plus stables en faveur des producteurs (Vidogbena *et al*, 2014). Cependant, la stabilité que procurent les filets est relative et s'inscrit dans des systèmes de production hétérogènes (tailles des exploitations, surfaces dédiées aux légumes, pratiques agronomiques, choix des intrants, etc.).

Les approches monétaires sont nécessaires mais pas suffisantes pour analyser les perspectives d'adoption et de diffusion. En effet, plus de 95% de la population du Bénin appartient au secteur informel et 99% de la population du secteur primaire (activités agricoles, minières et halieutiques) évolue dans le secteur informel (CES, 2011). Les filets procurent un *avantage comparatif* en termes de revenus et d'impact sur la santé et l'environnement. Les filets sont aussi *compatibles* avec les normes sociales et les valeurs des utilisateurs potentiels. En revanche, la mise en place des filets modifie les habitudes traditionnelles des producteurs. La structuration des planches et des parcelles a été pensée afin que les arrosages manuels soient optimisés en termes d'allocation du temps et de pénibilité du travail. La mise en place de dispositifs de micro irrigation plus adaptés nécessite aussi une adaptation des pratiques. Ces contraintes peuvent être facilement levées mais nécessitent un minimum de vulgarisation et d'accompagnement. Les filets sont relativement plus *complexes* à utiliser que les pesticides car des protocoles de manipulation et de planning sont nécessaires. Ici aussi le rôle de la vulgarisation et de l'accompagnement est nécessaire. Les filets sont aussi facilement *testables* par les producteurs mais il faut s'assurer que les modes d'emploi sont correctement suivis pour assurer le succès des dispositifs. Enfin les effets des filets sont facilement *observables* avec un effet radical sur les cultures. En ce qui concerne les externalités, les effets sur la santé et sur l'environnement n'ont pas été mesurés mais ils sont indéniables. Ici aussi, le rôle des

agents de vulgarisation, des organisations de producteurs, et des medias sont nécessaires non seulement auprès des producteurs mais aussi auprès de l'ensemble de la population civile.

## 7. Conclusion

En Afrique subsaharienne, les insectes constituent les principaux ravageurs pour les cultures maraîchères. Parmi ces ravageurs, les chenilles de lépidoptères sont les plus dangereuses car elles détruisent directement les feuilles, les fleurs et/ou les fruits.

Les filets permettent de contrôler efficacement la plupart de ces noctuelles. Pour celles qui pondent sur ou à travers les filets, l'imprégnation avec un produit répulsif ou irritant peut être une solution. Quoiqu'il en soit la protection des légumes contre les attaques de chenilles de Lépidoptères ou de larves de Diptères permet de réduire le recours aux traitements chimiques de 70 à 100%. Même si cela est coûteux en temps, les filets, réutilisables plusieurs fois pendant 3 à 5 ans, permettent de bien protéger les pépinières, de réduire le nombre de traitements chimiques, d'augmenter la production en quantité mais aussi en qualité.

Les insecticides chimiques utilisés en Afrique Sub-Saharienne ont un large spectre, mais ils ont aussi un impact négatif sur les parasitoïdes et les prédateurs sans parler de leur coût élevé. Leur utilisation systématique en agriculture depuis une cinquantaine d'années a sélectionné des populations résistantes surtout parmi les ravageurs. Cela a entraîné une augmentation des doses et des fréquences d'application et sélectionné des populations multi-résistantes. Leur réduction d'emploi dans les systèmes de culture maraîchers rendue possible par l'utilisation des filets anti-insectes pourrait permettre de développer les méthodes de lutte biologique permettant une meilleure régulation des ravageurs piqueurs-suceurs (tels que les pucerons, les aleurodes, les thrips et les acariens) par les insectes utiles et les acariens prédateurs. Le principal danger des insectes piqueurs est leur capacité à transmettre des phytovirus qui eux ont un impact direct sur la production. Mais rien qu'un retard dans l'inoculation de ces virus peut améliorer la productivité des plantes d'où l'intérêt de bien protéger les jeunes plants dès la pépinière. Après le repiquage, l'intégration de filets anti-insecte à la stratégie de protection des cultures permettrait d'additionner l'effet des processus de régulation naturels permis lors de l'ouverture des filets à d'autres techniques biologiques qui sont compatibles : plantes répulsives, entomopathogènes, variétés tolérantes... le tout dans le cadre d'une agriculture écologiquement intensive.

## Références

- Ahouangninou C., T. Martin, F. Assogba-Komlan, S. Simon, L. Djogbénou, I. Siddick, C. Pennetier, V. Corbel V., Fayomi B., 2013 - Using *Aedes aegypti* larvae to assess pesticide contamination of soil, groundwater and vegetables. *British Biotechnology Journal*, 3, 143-157.
- Antignus Y., Ben-Yakir D., 2004 - Ultraviolet-Absorbing Barriers, an efficient integrated pest management tool to protect greenhouses from insects and virus disease. *In* A. Rami Horowitz and I. Ishaaya (eds). *Insect Pest Management: Field and Protected Crops*; Springer, N.Y. 365 pp.
- Alene A.D., Manyong V.M., Omany G.O., Mignouna H.D., Bokanga M., Odhiambo G.D., 2008 - Economic Efficiency and Supply Response of Women as Farm Managers: Comparative Evidence from Western Kenya. *World Development* 36, 1247-1260.

Carletto J., Martin T., Vanlerberghe-Masutti F., Brévault T., 2010 - Insecticide resistance traits differ among genotypes from different host races in the aphid, *Aphis gossypii*. *Pest Management Science* 66, 301-307.

CBS, 2004, Kenya Demographic and Health Survey 2003, Central Bureau of Statistics, Nairobi, Kenya, 399 p.

CES, 2011. Le secteur informel au Bénin: Problématique et perspective de contribution à l'économie nationale. Conseil Economique et Social. *Commission de l'économie et des finances*. 25 p.

de Bon H., Huat J., Parrot L., Sinzogan A., Martin T., Malézieux E., Vayssières J.-F., 2014 - Pesticide risks from fruit and vegetable bio-aggressors management by small-farmers in sub-Saharan Africa. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. DOI [10.1007/s13593-014-0216-7](https://doi.org/10.1007/s13593-014-0216-7)

Ekesi S., Chabi-Olaye A., Subramanian S., Borgemeister C., 2009 - Horticultural Pest Management and the African Economy: Successes, Challenges and Opportunities in a Changing Global Environment. Keynote address: 1st All Africa Horticulture Congress (AAHC), Nairobi, Kenya. August 31-September 3, 2009.

Gogo E. O., Saidi M., Itulya F.M., Martin T., Ngouajio M., 2012 - Microclimate Modification Using Eco-Friendly Nets for High Quality Tomato Transplant Production by Small-Scale Farmers in East Africa. *Hort Technology*, 22, 292-298.

Gogo E. O., Saidi M., Itulya F.M., Martin T., Ngouajio M., 2014 - Eco-friendly nets and floating row covers reduce pest infestation and improve tomato (*Solanum lycopersicum*) yields for smallholder farmers in Kenya. *Agronomy*, 4, 1-12.

Gogo E. O., Saidi M., Itulya F.M., Martin T., Baird V., Ngouajio M., 2014b - Microclimate modification and Insect Pest exclusion using agronets improves pod yield and quality of french beans. *HortScience* (in press)

Houndété T.A., Kétoh G.K., Hema O., Brévault T., Glitho I.A., Martin T., 2010 - Insecticide resistance in field populations of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in West Africa. *Pest Management Science*, 66, 1181–1185.

Licciardi S., Assogba-Komlan F., Sidick I., Chandre F., Hougard J.-M., Martin T., 2008 - A temporary tunnel screen as an eco-friendly method for small-scale growers to protect cabbage crop in Benin. *International Journal of Tropical Insect Science*, 27, 152-158.

Martin T., Chandre F., Ochou Ochou G., Vaissayre M., Fournier D., 2002 - Pyrethroid resistance mechanisms in the cotton bollworm *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) from West Africa. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 74, 17-26.

Martin T., Assogba-Komlan F., Houndete T., Hougard J.-M., Chandre F., 2006 - Efficacy of mosquito netting for sustainable small holders' cabbage production in Africa. *Journal of Economic Entomology*, 99, 450-454.

Martin T., Palix R., Kamal A., Delétré E., Bonafos R., Simon S., Ngouajio M., 2013 - A repellent treated netting as a new technology for protecting vegetable crops. *Journal of Economic Entomology*, 106, 1699-1706.

Martin T., Gogo E.O., Saidi M., Kamal A., Delétré E., Bonafos R., Simon S., Ngouajio M., 2014 - Repellent effect of an alphacypermethrin treated net against the whitefly *Bemisia tabaci* Gennadius. *Journal of Economic entomology* (in press)

Muleke E.M., Saidi M., Itulya F. M., Martin T., Ngouajio M., 2013 - The Assessment of the Use of Eco-Friendly Nets to Ensure Sustainable Cabbage Seedling Production in Africa. *Agronomy*, 3, 1-12.



Muleke E.M., Saidi M., Itulya F. M., Martin T., Ngouajio M., 2014 - Enhancing cabbage (*Brassica oleraceae* Var *capitata*) yields and quality through microclimate modification and physiological improvement using agronet covers. *Sustainable Agriculture Research*, 3, 24-34.

Saidi M., Gogo E.O., Itulya F.M., Martin T., Ngouajio M., 2013 - Microclimate modification using eco-friendly nets and floating row covers improves tomato (*Solanum lycopersicum*) yield and quality for small holder farmers in East Africa. *Agricultural Science*, 4, 577-584.

Simon S., Assogba Komlan F., Adjaito L., Mensah A., Coffi H., Ngouajio M., Martin T., 2014 - Efficacy of insect nets for cabbage production and pest management depending on the net removal frequency and microclimate. *International Journal of Pest Management* (accepted)

Weinberger K., Lumpkin T.A., 2007 - Diversification into horticulture and poverty: A research agenda. *World Development*, 35, 1464-1480.